# CARACTERIZACIÓN DIELÉCTRICA DE LÍQUIDOS*

Sergio Gutiérrez - 20136669** and Héctor Pulido - ***
*Universidad de los Andes*
(Dated: octubre de 2018 )

En este informe se detalla el procedimiento realizado para medir las propiedades dieléctricas del agua etanol, metanol leche a través de la técnica de sonda de extremo abierto que es precisa para la medición de propiedades dieléctricas de líquidos en RF y microondas

**Palabras clave:** Analizador Vectorial, Ancho de Banda, Frecuencia, Señales, Software

## I. INTRODUCCIÓN

Esta práctica se centro en la recolección y análisis de señales pertenecientes al espectro radioeléctrico de orígenes totalmente distintos. Dichas fuentes de señales fueron la Televisión Digital Terrestre (TDT), la Radio de Frecuencia Modulada (radio FM) y una aplicación de celular con señales NFC.

Para esto, se utilizó un analizador vectorial de referencia Rohde and Schwarz, el cual puede recibir una amplia cantidad de señales, las cuales pueden tener un rango de desde 100 kHz hasta señales de 8 GHz de frecuencia. También se utilizó el software FSH4View para ver las señales obtenidas y obtener una serie de datos gracias a algunas de las funciones del programa.

Con los datos obtenidos a partir de las funciones del sorftware usado, también se lograron hallar mas datos pedidos tales como el distintivo o el tipo de emisoras de la radio FM, o la frecuencia central y potencia promedio de cada canal, o el ancho de banda de la señal FNC

## II. OBJETIVOS

- Introducir al estudiante el concepto de espectro radioeléctrico y sus aplicaciones.
- Reconocer las bandas de frecuencia utilizado en el espectro radioeléctrico.
- Conocer los principales servicios de acuerdo con el cuadro nacional de atribución de frecuencias.
- Identificar de manera experimental los principales servicios por medio del analizador de espectros.

## III. MARCO TEÓRICO

El espectro radioeléctrico es uno de los elementos fundamentales de las radiocomunicaciones actualmente, gracias a este espectro se pueden realizar varias acciones como la comunicación a larga distancia por medio de WiFi o teléfono, el uso de sistemas de entretenimiento como la televisión o radio, el uso de pulsometros, entre otras aplicaciones.
Este espectro cubre un rango amplio de frecuencias, desde los 3 kHz hasta los 3000 GHz, por lo cual se separa en 9 bandas, las cuales se muestran a continuación:

| Número de la banda | Símbolos (en inglés) | Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior) |
|---|---|---|
| 4 | VLF | 3 a 30 kHz |
| 5 | LF | 30 a 300 kHz |
| 6 | MF | 300 a 3 000 kHz |
| 7 | HF | 3 a 30 MHz |
| 8 | VHF | 30 a 300 MHz |
| 9 | UHF | 300 a 3 000 MHz |
| 10 | SHF | 3 a 30 GHz |
| 11 | EHF | 30 a 300 GHz |
| 12 | THF o THz | 300 a 3 000 GHz |

Figura 1: Bandas de frecuencia



Figura 2: Analizador vectorial Rohdes and Schwarz

En la práctica de laboratorio se analizaron 2 señales en especifico: las pertenecientes a la radio FM y las que

* Curso de Teoría Electromagnética
**
***

hacen parte de la TDT. También, como actividad de bono, se analizó una señal NFC

La radio FM comercial funciona entre las frecuencias de 87.5 MHz hasta los 108 MHz en la mayoría de los países de América y Europa. En Colombia, las frecuencias destinadas para cada emisora las de el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación

La Televisión Digital Terrestre en Colombia funciona entre el intervalo de 466 MHz hasta los 550 MHz. Este tipo de televisión fue impulsado por el estado colombiano desde el año pasado y las frecuencias asignadas a cada canal las defina la Agencia Nacional del Espectro (ANE)

Por otro lado, las señales NFC (Near Field Communication) son señales que operan en frecuencias de 13 MHz hasta 14 MHz. Los dispositivos que funcionan con tecnología NFC prácticamente tienen que estar en contacto para generar una señal que pueda ser vista por el analizador vectorial, además de eso, estos sistemas presentan una particularidad y es que pueden emitir o recibir señales.

El instrumento utilizado para recopilar las señales fue el analizador vectorial. Este dispositivo tenia un rango de operación entre 100 kHz y 8 GHz, lo cual significa que podía captar señales de ese estilo. Para que la recepción de señales sea mas óptima, se tiene que llevar el analizador vectorial a un lugar al aire libre y apuntarle la antena que se le conecte a los puntos donde todas las señales se vuelvan mas fuertes

## IV. PROCEDIMIENTO

]

Este laboratorio consintió de dos segmentos donde se utilizo el analizador vectorial para medir en dos rangos de frecuencias diferentes. En estos dos rangos se encuentran las señales de F.M,. y TDT como se a discutido, se configuró el analizador vectorial para que captara señales con frecuencias en el intervalo de 466 $MHz - 550\ MHz$ para las señales TDT y entre 88 $MHz - 109\ MHz$ para F.M. La calibración que se utilizo para el analizador fueron los siguientes parámetros: Nivel de referencia en -31dBm, RBW en 100 kHz, VBW en 10 MHz y tiempo de barrido en 20 ms. Para poder tener una mejor recepción de la señal se subió al 8*to* piso del ML, y se recolectaron los datos de las potencias para los dos espectro de frecuencias.

Después de obtener los datos se pasaron al software para proceder con su análisis. Se escogieron las 4 señales con los picos mas altos para cada espectro de frecuencias y se colocaron marcadores delimitando los máximos seleccionados y con el software se podía encontrar el ancho de banda de la señal, la potencia y la frecuencia central. Con esta información se hizo referencia a Ref.[2] en el cual se encuentra la nomenclatura de las frecuencias asignadas su canal, tipo de estación y distintivo de emisora. Con los datos recolectados se calculo el espacio entre emisora y la potencia media.

Finalmente, como actividad de bono, se midió las frecuencias de operación de la tecnología NFC, lo cual producía una señal que podía ser capturada por el analizador vectorial y de ahí se hallaron los datos de frecuencia, ancho de banda y potencia en dB y en W .Para calcular la potencia promedio se aproximo la forma de la curva a una función similar como una cuadrática y con esto y los datos adquiridos se puede calcular la potencia aplicando

$$P = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p(t)dt \approx \frac{p_2 - p_1}{2}\pi \qquad (1)$$

## V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Primero se recolectaron y analizaron los datos de la frecuencias en el rango de F.M los datos se muestran en Fig.3 de este se recolectaron los datos que se observan de la Fig.4. Con esta información se puede proseguir a realizar el calculo del espacio entre frecuencias.

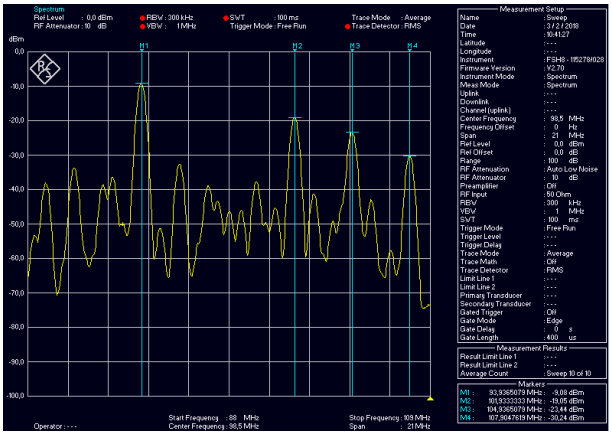



Figura 3: Recorte de la pantalla donde se visualiza todo el espectro de frecuencias F.M y los marcadores para las frecuencias seleccionadas

En la Fig 3 es lo que se visualiza desde el programa, de esta imagen podemos encontrar la potencia , frecuencia central y ancho de banda puesto que todo se puede obtener utilizando los marcadores que se pueden seleccionar en el programa. La información que nos da el programa mas la conversión a Watts se observan en la Fig.4 para poder ordenar de manera mas clara los datos.

| Frecuancia [MHz] | Potencia | | Canal | Clase | Distintivo | Ancho de Banda [kHz] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | dBm | W | | | | |
| 93.9 | -9.7 | 1.24E-04 | 59 | A | HJVC | 266 |
| 101.9 | -19.05 | 1.25E-05 | 139 | A | HJPU | 266.66 |
| 104.9 | -23.34 | 4.63E-06 | 169 | A | HJVD | 300 |
| 107.9 | -30.18 | 9.59E-07 | 199 | A | HJVV | 266 |

Figura 4: Datos recolectados del programa, donde se muestra las especificaciones para cada uno de los 4 máximos seleccionados

Con esta información podemos encontró la distancia entre canales al restar las frecuencias de estos respectivamente. Al hacer esto encontramos los datos de la Fig.5 donde en este se muestra la diferencia entre cada canal.

| Espacio Emisoras [MHz] | |
|---|---|
| 1 a 2 | 8.02 |
| 1 a 3 | 11 |
| 1 a 4 | 14.03 |
| 2 a 3 | 6.01 |
| 2 a 4 | 6.01 |
| 3 a 4 | 3.03 |

Figura 5: Espacio entre emisoras, calculado para cada combinación entre las 4 emisoras

Respondiendo a la pregunta de la guía, los distintivos (o call signs en ingles) son una designación única para las estaciones de transmisión de radio. con esto se pudo calcular la potencia pormedio utilizando el calculo antes mostrado.

| Frecuancia [MHz] | t1 [s] | t2 [s] | p1 [W] | p2 [W] | Pot. Prom [W] |
|---|---|---|---|---|---|
| 93.9 | 1.06E-09 | 1.07E-09 | 6.07E-07 | 1.24E-07 | 7.49E-07 |
| 101.9 | 9.79E-09 | 9.83E-09 | 5.17E-10 | 1.05E-09 | 1.00E-05 |
| 104.9 | 7.45E-09 | 8.13E-09 | 5.64E-08 | 6.34E-08 | 8.79E-07 |
| 107.9 | 9.25E-09 | 9.27E-09 | 4.79E-07 | 9.57E-07 | 7.49E-07 |

Figura 6: Datos utilizados para los calculos de la potencia promedio

Para los canales de TDT se aplico el mismo proceso y lo que se encontró fue ron los datos mostrados en Fig.**??** donde se muestra la frecuencia central del canal y el ancho de banda encontrado. Además se muestran el perfil de espectro de frecuencias utilizado para encontrar los canales con mayor potencia en Fig.7.

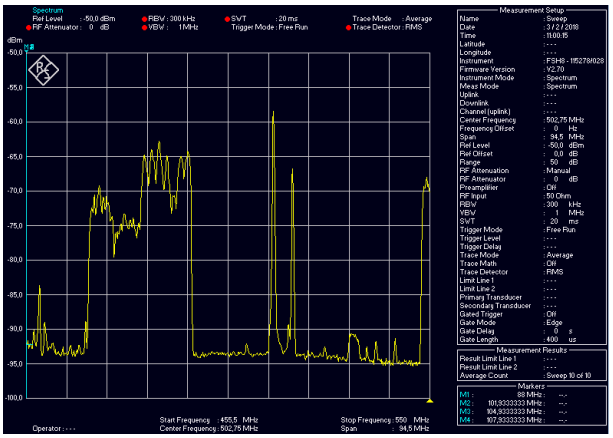


Figura 7: Espectro de frecuencias para las señales TDT

| | bw (kHz) | f (MHz) |
|---|---|---|
| 1 | 150 | 513.4 |
| 2 | 750 | 486.55 |
| 3 | 900 | 472.6 |
| 4 | 150 | 517.9 |

Figura 8: Ancho de banda o bw y frecuencia central para los canales TDT

Por ultimo se midió la frecuencia de operación de la tecnología NFC su ancho de banda y potencia promedio utilizando la misma técnica escrita antes. Para la technologia NFC se encontro que $t1 = 7{,}289E-8\ s$, $t2 = 7{,}454E-8\ s$, $p1 = 5{,}176E-10\ W$, $p2 = 1{,}0543E-9\ W$ estos datos fueron recolectados de la Fig.9. Con esto se calculo que la potencia promedio para NFC es de $Pp = 8{,}4316E-19\ W$

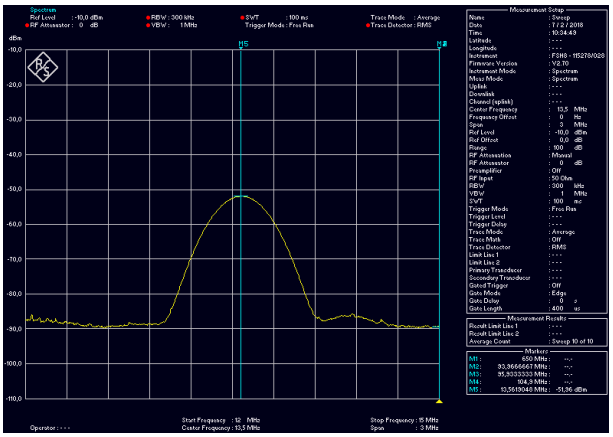


Figura 9: Espectro de frecuencias para las señales NFC

## VI. CONCLUSIONES

- Se determino que la dirección a la que apunta la antena del analizador vectorial influye en como se verán las señales en el dispositivo, ya que si el aparato se apunta hacia la fuente de las señales, estas tendrán una mayor frecuencia central
- Durante la toma de datos de las señales de radio FM, se logro encontrar una relación proporcional entre la potencia y la frecuencia de cada emisora, ya que cuando la frecuencia aumentaba, también lo hacia la potencia
- Se observó que el ancho de banda para casi todas las emisoras de radio que se midieron, tenían un valor cercano (266 kHz)

---

[1] R. Colombia, M. La and I. Comunicación, Ïnformación y las comunicaciones plan técnico nacional de radiodifusión en F.M.", 2018.[Online]. Available: http://www.mintic.gov.co/portal /604/articles-4677_recurso_2.pdf. [Accessed: 14- Feb- 2018]